

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Миодрага Форцана за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5006/14-1 од 13.07.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Миодрага Форцана** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Попречна диференцијална заштита двоструких надземних водова**“ (енг. "Transverse Differential Protection of Double Circuit Overhead Lines").

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Миодраг Форцан је рођен 31.12.1990. године у Зворнику, РС, БиХ. Основну школу завршио је на Палама, РС, БиХ, 2005. године као носилац Вукове дипломе. Средњу школу, смер Општа гимназија, такође је завршио на Палама, 2009. године, као најуспешнији ученик генерације. Електротехнички факултет Универзитета у Источном Сарајеву уписао је 2009. године и дипломирао као први у класи на смеру Електроенергетика 2013. године са просечном оценом 9.96, што представља најбољи резултат у историји факултета. Мастер студије уписао је 2013. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетске мреже и системи. Мастер студије је завршио 2014. године са просечном оценом 10.00. Мастер рад под насловом „Симулација попречне диференцијалне заштите водова“ одбранио је са највишом оценом.

Кандидат је запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву од 2014. године. Од исте године студент је докторских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетске мреже и системи. У току студија објавио је два чланка у научним часописима међународног значаја са SCI листе, један на међународном научном скупу и девет на домаћим научним скуповима.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 2014. године и положио све испите који су предвиђени планом докторских академских студија на модулу Електроенергетске мреже и системи на Електротехничком факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 10.00.

Преглед положених испита

	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Фактор снаге и методе за поправку фактора снаге у присуству виших хармоника	10	9
2	Дистрибутивни системи - оптимално планирање и експлоатација	10	9
3	Релејна заштита постројења и мрежа	10	9
4	Ветроенергетика и соларна енергетика	10	9
5	Примена програмских алата у електроенергетици	10	9
6	Увод у научни рад	10	6
7	Мерне спреге и мерни трансформатори	10	9
8	Високонапонска мерења у електроенергетици	10	9
9	Интеграција обновљивих извора у дистрибутивни систем	10	9
10	Високонапонска постројења	10	9

Списак преосталих реализованих обавеза

	Назив предмета	ЕСПБ
1	Научно-стручни рад	3
2	Студијски истраживачки рад I	15
3	Студијски истраживачки рад II	15

Списак објављених радова

Радови објављени у научним часописима међународног значаја M20

1. **M. Forcan, Z. Stojanović**, An algorithm for sensitive directional transverse differential protection with no voltage inputs, *Electric Power Systems Research*, vol. 137, August 2016, pp. 86–95, DOI: 10.1016/j.epsr.2016.03.052, IF 1,809, (M21).
2. **M. Forcan, Ž. Đurišić, J. Mikulović**, An algorithm for elimination of partial shading effect based on a Theory of Reference PV String, *Solar Energy*, vol. 132, July 2016, pp. 51-63, DOI: 10.1016/j.solener.2016.03.003, IF 3,685, (M21).

Зборници међународних научних скупова M30

1. **M. Forcan, Ž. Đurišić**, "The analysis of PV string efficiency under mismatch conditions", 4th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications (EFEA), September 2016, Belgrade, DOI: 10.1109/EFEA.2016.7748817 (M33).

Зборници домаћих научних скупова M60

1. **M. Forcan, Z. Stojanović**, „Distantna zaštita dvostrukih nadzemnih vodova“, XVI međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH, mart 2017, Jahorina, (M63).

2. **M. Forcan**, "Prediction of Energy Production from String PV System under Mismatch Condition", 2nd Virtual International Conference on Science, Technology and Management in Energy (eNergetics), September 2016, Niš, Serbia, (M63).
3. **M. Forcan**, M. Banjanin, „Primjena fizičkog modela nadzemnog voda u edukaciji studenata elektroenergetike“, 60. konferencija za elektroniku, telekomunikacije, automatiku i nuklearnu tehniku ETRAN, jun 2016, Zlatibor, (M63).
4. **M. Forcan**, M. Banjanin, G. Vuković, „Analiza simetričnih procesa na nadzemnim vodovima u praznom hodu“, XV međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH, mart 2016, Jahorina, (M63).
5. **M. Forcan**, Ž. Đurišić, „Analiza efikasnosti sistema apu-a u distributivnim mrežama sa distribuiranim izvorima energije“, III Međunarodna konferencija o obnovljivim izvorima električne energije MKOIEE, oktobar 2015, Beograd, (M63).
6. **M. Forcan**, Ž. Đurišić, J. Mikulović, „Eliminacija efekta djelimičnog osunčanja u string-invertor fotonaponskim sistemima“, III Međunarodna konferencija o obnovljivim izvorima električne energije MKOIEE, oktobar 2015, Beograd, (M63).
7. **M. Forcan**, Z. Stojanović, „Osjetljiva usmjerena poprečna diferencijalna zaštita vodova bez naponskih ulaza“, 32. Savetovanje za velike električne mreže CIGRE, maj 2015, Zlatibor, (M63).
8. **M. Forcan**, Z. Stojanović, „Testiranje algoritama poprečne diferencijalne zaštite bez naponskih ulaza na trofaznom modelu EES-a“, XIV međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH, mart 2015, Jahorina, (M63).
9. **M. Forcan**, Z. Stojanović, „Uticaj transpozicije provodnika dvostrukog nadzemnog voda u simetričnim i nesimetričnim režimima rada“, Savetovanje Energetika, mart 2017, Zlatibor, (M63).

Пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, у саставу: др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду - председник комисије, др Драгутин Саламон, ванредни професор, професор у пензији - члан комисије који није запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, др Милка Потребих, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду - члан комисије, на јавној усменој одбрани, кандидат је **успешно положио докторски испит, одржан 28.8.2017. године.**

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Миодраг Форцан поседује адекватан ниво знања из области које представљају основу неопходну за решавање техничких проблема који се третирају у предложеној докторској дисертацији као што су електрични прорачун и моделовање надземних водова, анализа релејне заштите двоструких надземних водова, развој и тестирање алгоритама за дигиталне релејне заштите и реализација симулатора релејне заштите у реалном времену. Кандидат је за време трајања студија трећег циклуса публикувао укупно 12 научних чланака, при чему је на свих 12 првопотписани аутор. Кандидат је објавио 2 научна чланка у водећим међународним часописима са импакт фактором, при чему је садржај једног научног чланка у директној вези са темом докторске дисертације. Кандидат је до сада положио све испите на докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду са просечном оценом 10.00. На основу наведених резултата кандидата, наша је процена да је кандидат Миодраг Форцан у стању да успешно реализује израду предметне докторске дисертације.

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Двоструки надземни водови се веома често користе у електроенергетским системима у циљу повећања капацитета и поузданости преноса електричне енергије. Најчешће су присутни у високонапонским преносним мрежама, али њихова примена у средњенапонским радијалним мрежама, држава са развијеном индустријом, такође није страна. Представљају и учестало решење за интерконективне размене енергије. Реализација са два система фазних проводника на истим стубовима обезбеђује већу уштеду грађевинског материјала и мању захтевану површину земљишта дуж трасе, чиме се инвестициони трошкови значајно смањују.

У случају кварова и испада двоструких водова, поуздан рад и стабилност електроенергетског система могу да буду нарушени, због чега се захтева реализација осетљиве, селективне и брзе релејне заштите, што није једноставан задатак. Специфичности двоструког вода, попут међусобних електромагнетних спрега у нултом компонентном систему, значајно отежавају правилан рад конвенцијалних релејних заштита. Могући су истовремени кварови на оба трофазна система проводника, што представља проблем за селективност алгоритама релејне заштите, својствен двоструком воду.

Концепт дистантне релејне заштите се најчешће користи у преносним мрежама за једноструке надземне водове. У случају двоструких надземних водова, који почињу и завршавају на заједничким сабирницама, као ефикасно решење се показао концепт попречне диференцијалне заштите, чије су карактеристичне предности: једноставност, деловање без временског кашњења и неосетљивост на осциловање снаге у систему. Основне мане неусмерене попречне диференцијалне заштите су постојање мртве зоне и потреба блокирања заштите у случају када је у погону само један од водова. Уколико је на оба вода уграђен посебан прекидач, што је најчешћи случај у пракси, користи се усмерена попречна диференцијална заштита, која обезбеђује селективно искључење само оног вода на коме је квар. Преостале предности усмереног типа заштите су наслеђене од неусмереног типа, док су основни недостаци каскадно реаговање и неселективност у случају погона само једног вода. Паралелно са развојем дигиталних релеја деведесетих година, појавили су се алгоритми за попречну диференцијалну заштиту без напонских улаза, засновани на прираштајима струјних сигнала у временском домену, чија је основна предност велика брзина реаговања. У претходном истраживању, тестирањем ових алгоритама, утврђен је проблем неосетљивости у радијалним мрежама, при кваровима из режима мале потрошње и празног хода.

Основни циљеви истраживања ове докторске дисертације су: утврђивање специфичности двоструког вода као елемента електроенергетског система и софтверска имплементација одговарајућег модела, развој симулатора за тестирање алгоритама дигиталних релејних заштита у реалном времену, идентификација и анализа недостатака у раду конвенционалне дистантне релејне заштите за двоструки вод, детаљна анализа рада и верификација предности и мана неусмерене и усмерене попречне диференцијалне заштите, компаративна анализа алгоритама за попречну диференцијалну заштиту заснованих на прираштајима струјних сигнала, развој новог алгоритма у циљу побољшања осетљивости заштите у радијалним мрежама, решење проблема у раду попречне диференцијалне заштите без напонских улаза при аутоматском поновном укључењу и реализација селективне заштите када је само један вод у погону.

У досадашњој литератури не постоји детаљан преглед различитих концепата релејне заштите двоструког надземног вода. У оквиру ове докторске дисертације биће анализирани концепти дистантне, неусмерене, усмерене и попречне диференцијалне заштите без напонских улаза, чиме ће бити формиран користан преглед. Практичан значај истраживања се огледа кроз решавање конкретних проблема у раду попречне диференцијалне заштите, као што су повећање осетљивости у радијалним мрежама са малом потрошњом и остваривање селективности при аутоматском поновном укључењу и погону само једног вода. Развојем и софтверском имплементацијом трофазног симулатора алгоритама дигиталне релејне заштите двоструког вода у реалном времену, постижу се широке могућности примене за тестирање релејних заштита најразличитијих елемената електроенергетског система. Као додатни значај истраживања, издваја се моделовање и компаративна анализа различитих транспозиционих система двоструког вода у симетричним и асиметричним режимима рада.

Значај истраживања се може сагледати и кроз одабране научно-истраживачке радове из ове области, који су публиковани у водећим међународним часописима, од периода почетне експанзије дигиталних релејних заштита деведесетих година, па до данас. Само неки од ових радова су издвојени из предвиђене библиографије ове дисертације и приказани у наставку:

1. M. Forcan, Z. Stojanović, An algorithm for sensitive directional transverse differential protection with no voltage inputs, *Electric Power Systems Research*, vol. 137, August 2016, pp. 86–95.
2. A.R. Adly, R.A. El-Sehiemy, A.Y. Abdelaziz, A directional protection scheme during single pole tripping, *Electric Power Systems Research*, vol. 144, March 2017, pp. 197–207.
3. P. Jena, A.K. Pradhan, An integrated approach for directional relaying of the double circuit line, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26 (3), 2011, pp. 1783–1792.
4. Z. Stojanović, M. Djurić, The algorithm for directional element without dead tripping zone based on digital phase comparator, *Electric Power Systems Research*, vol. 81, February 2011, pp. 377–383.
5. A.K. Pradhan, A. Routray, S.M. Gudipalli, Fault direction estimation in radial distribution system using phase change in sequence current, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 22 (4), 2007, pp. 2065–2071.
6. M.M. Eissa, O.P. Malik, A new digital directional transverse differential current protection technique, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 11 (3), 1996, pp. 1285–1291.
7. M.I. Gilany, O.P. Malik, G.S. Hope, A digital technique for parallel transmission lines using a single relay at each end, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 7 (1), 1992, pp. 118–123.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе при анализама које су предмет предложене докторске дисертације:

- Модел потпуно транспонованог двоструког вода, са аспекта прецизности, може бити кориштен у анализи симетричних и асиметричних режима рада реалног двоструког вода са произвољном транспозицијом проводника.
- Конвенционална дистантна заштита једноструког надземног вода није поуздана у случају примјене на двоструки надземни вод.
- Класични алгоритми попречне диференцијалне заштите без напонских улаза нису осетљиви у случају кварова из режима мале потрошње и празног хода.
- Класични алгоритми попречне диференцијалне заштите без напонских улаза нису селективни у реалним системима заштите са аутоматским поновним укључењем и када је у погону само један вод.
- Развијени и предложени алгоритам је осетљив у случају кварова из режима мале потрошње и празног хода и селективан при аутоматском поновном укључењу и погону само једног вода, што представља основну хипотезу докторске дисертације.

4. Научне методе истраживања

У овој докторској дисертацији ће доминирати истраживање емпиријске природе и примењеног циља. Основне истраживачке методе, које ће бити коришћене, су: индуктивна метода, метода анализе, компаративна метода, метода доказивања, математичка метода и метода моделовања.

Испитивање алгоритама релејне заштите ће бити вршено на моделу двоструког надземног вода са расподељеним параметрима, који је базиран на Бержероновој методи путујућих таласа. Тренутне вредности електричних сигнала ће бити одређиване нумеричким решавањем система обичних диференцијалних једначина, које описују стања коришћених модела, употребом методе *Bogacki-Shampine*. Временске промене величина од значаја ће бити анализиране у оквиру симулација са контролисаним изменама модела система. Извршавање програмских кодова алгоритама релејне заштите ће се одвијати у реалном времену симулације. Рекурзивна Фуријеова метода ће бити коришћена за естимацију фазора напонских и струјних сигнала. Прорачун, обрада и приказ резултата ће бити вршени применом програмског пакета MATLAB.

Верификација новог алгоритма биће извршена на физичком моделу двоструког вода у лабораторијским условима.

5. Очекивани научни доприноси

Од предложене докторске дисертације очекују се наредни основни научни доприноси:

- Формираће се преглед карактеристичних релејних заштита двоструког надземног вода.
- Развиће се нови алгоритм попречне диференцијалне заштите без напонских улаза са побољшаном осјетљивошћу у радијалним мрежама.
- Решиће се проблем селективности попречне диференцијалне заштите без напонских улаза при аутоматском поновном укључењу и погону само једног вода.
- Формираће се препоруке за правилан избор модела различито транспонованих двоструких надземних водова у симетричним и асиметричним режимима рада.

6. План истраживања и структура рада

Основни кораци истраживања у оквиру предложене докторске дисертације су:

- Преглед научно-стручне литературе у циљу анализе постојећих концепата и алгоритама релејне заштите двоструког надземног вода.
- Електрични прорачун, моделовање и компаративна анализа различитих транспозиционих система двоструког вода.
- Реализација симулатора релејних заштита у реалном времену и формирање рачунарских програма за унос, обраду и приказ резултата анализе, применом програмског пакета MATLAB.
- Софтверска имплементација и тестирање конвенционалне дистантне и попречне диференцијалне заштите двоструког надземног вода.
- Развој, софтверска имплементација и тестирање новог алгоритма за попречну диференцијалну заштиту без напонских улаза.
- Верификација новог алгоритма на физичком моделу двоструког вода у лабораториским условима.

Текст докторске дисертације биће написан на српском језику.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Миодрага Форцана, мастер инжењера електротехнике, Комисија је закључила да:

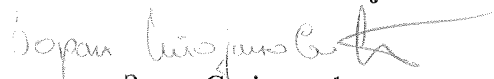
1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације;
2. Предложена тема „Попречна диференцијална заштита двоструких надземних водова“ (енг. "Transverse Differential Protection of Double Circuit Overhead Lines") научно је заснована и припада ужој научној области електроенергетски системи, а резултати до којих ће се доћи израдом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос у области предметног истраживања.

Студент докторских студија спроводи истраживања у вези са предложеном темом на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Миодрагу Форцану одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Зорана Стојановића, доцента Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 30. септембар 2017.

Чланови комисије


др Зоран Стојановић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Жељко Ђуришић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Драгутин Саламон, ванредни професор
професор у пензији
(члан комисије који није запослен на ЕТФ-у)


др Милка Потребих, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет